



Creative School



## **Open Educational Resources**

### *Réflexion critique sur le changement climatique*

Sujet :            STIM        (Science,            technologie,  
ingénierie et mathématiques)

Tranche d'âge :   14-18 ans



**Erasmus+**

### Auteurs

Adeline Lebail, Noémie Escortell

### Images

Cap Sciences and Wikimedia commons, © Trustees of the Chester Beatty Library, Dublin, iStockpicture

### Copyright

Les contenus peuvent être utilisés conformément à la :  
Licence Creative Commons Pas d'Utilisation Commerciale



### Disclaimer

Le projet *Creative School* a été financé avec le soutien de l'Union européenne et de l'Agence nationale française pour le programme Erasmus+ (Grant Agreement 2019-1-FR01-KA201-062212). Cette publication n'engage que son auteur et l'Union européenne et l'Agence nationale française pour le programme Erasmus+ ne peuvent être tenues responsables de l'usage qui pourrait être fait des informations qu'elle contient.





## Table of contents

Réflexion critique sur le changement climatique.....	7
Module d'enquête sur le changement climatique  14-18.....	8
Description de l'atelier .....	8
Instructions pour les enseignants - comment mener une enquête sur le changement climatique ?	8

Les ressources pédagogiques du projet Creative School comprennent les modules d'apprentissage suivants, répertoriés ici en fonction des matières et de l'âge des élèves visés :

	 7-11	 11-14	 14-18
 Histoire de l'art		Laissez-les Vivre à Nouveau	Laissez-les Vivre à Nouveau
 Citoyenneté et Philosophie	Dilemmes Éthiques	Dilemmes Éthiques	Dilemmes Éthiques
 Environnement, Sciences naturelles	Biodiversité et arts visuels	Biodiversité et arts visuels	
 Facilitation	Apprentissage en ligne grâce aux objets	Apprentissage en ligne grâce aux objets	Apprentissage en ligne grâce aux objets
 Géographie	Promenade urbaine	Promenade urbaine	
 Histoire			Comment vivaient les jeunes ?
	Les photos comme souvenirs du passé	Les photos comme souvenirs du passé	Les photos comme souvenirs du passé
 STIM (Science, technologie, ingénierie et mathématiques)			Réflexion critique sur le changement climatique
	#Empowering YouthVoices	#Empowering YouthVoices	#Empowering YouthVoices
		Algorithmes Affamés	Algorithmes Affamés
 Formation des enseignants	Europeana comme outil d'apprentissage	Europeana comme outil d'apprentissage	Europeana comme outil d'apprentissage
	Approches pratiques de l'enseignement par les objets	Approches pratiques de l'enseignement par les objets	Approches pratiques de l'enseignement par les objets

Le projet *Creative School* développe des modules d'apprentissage pour les enfants et les enseignants, qui encouragent l'apprentissage autonome et les capacités de réflexion critique et visuelle en utilisant le contenu du patrimoine culturel mis à disposition par les organisations partenaires. Le présent projet a permis d'élaborer un ensemble de supports de formation axés sur le développement des capacités de réflexion par le biais du patrimoine culturel.

De plus en plus d'enfants et de jeunes doivent développer des capacités de réflexion de haut niveau afin de trouver des solutions aux problèmes sociaux, émotionnels et économiques, tant sur le plan personnel que dans le contexte du monde en général. Ils sont encouragés à être créatifs, novateurs, entreprenants et adaptables, avec la motivation, la confiance et les compétences nécessaires pour utiliser la pensée créative et critique de manière ciblée.

Les principaux bénéficiaires du projet sont les enseignants des écoles primaires et secondaires qui, en s'engageant dans le projet, acquerront les compétences nécessaires pour faciliter les stratégies pédagogiques de créativité et de pensée critique. Les enfants et les jeunes qui participent au projet de l'école créative développeront les compétences nécessaires pour relever les défis posés par le programme de *Creative School*

Nous espérons que ce document apportera une nouvelle dimension à votre travail et vous incitera à l'utiliser pour encourager la pensée créative et critique chez les jeunes. Les sujets sélectionnés ont été choisis avec des enseignants et des éducateurs d'Autriche, de Croatie, de Finlande, de France, d'Irlande, d'Italie et du Royaume-Uni dans le cadre de groupes de travail et d'enquêtes.

Chaque outil est accompagné de points d'apprentissage clés ainsi que de plusieurs faits ou éléments d'information intéressants, qui sont destinés à être utilisés pour provoquer une discussion plus approfondie. Le groupe d'âge le plus approprié est également indiqué.

Dans la mesure du possible, nous avons inclus une courte activité interactive qui peut être réalisée avec les élèves ou une série de questions suggérées à poser, afin d'introduire les sujets de chaque module d'apprentissage. Si vous souhaitez approfondir certains sujets ou thèmes, chaque outil comprend un lien vers d'autres outils connexes. Lorsqu'elle est disponible, une liste générale de ressources pédagogiques supplémentaires liées aux sujets est également fournie.

L'outil et le texte d'accompagnement sont conçus comme des aides pédagogiques autonomes.

À cet égard, la ressource est destinée à fournir un cadre général à partir duquel vous pouvez choisir les questions les plus pertinentes pour vos activités. Le module peut être utilisé dans n'importe quel pays et dans n'importe quel contexte, car il traite de questions transfrontalières et universelles.



iStockpicture



Pour plus d'informations sur le projet de l'école créative, veuillez consulter le site :<https://www.creative-school.eu/>

## Réflexion critique sur le changement climatique

Sujet :	    STIM
Tranche d'âge :	 14-18
Durée :	 30-45 minutes
Fournitures et outils :	Présentation de l'enquête.
Objectifs pédagogiques	Encourager les enfants à : <ul style="list-style-type: none"><li>• Remettre en question les idées préconçues ;</li><li>• Apprendre à évaluer la valeur de l'information ;</li><li>• Distinguer la connaissance de l'opinion ;</li><li>• Découvrir l'approche de différents scientifiques ;</li><li>• Comprendre l'importance de la comparaison des mesures pour interpréter les résultats et ainsi comprendre comment s'élabore la connaissance scientifique.</li></ul>

## Module d'enquête sur le changement climatique



14-18

Commencez l'atelier en disant aux élèves qu'ils vont enquêter sur le changement climatique. L'enseignant/éducateur est l'expert scientifique et les élèves sont les enquêteurs du climat. Ils doivent mener l'enquête et découvrir si les deux suspects du changement climatique, le soleil et l'effet de serre, sont coupables ou non.

### Description de l'atelier

Le thème du climat étant un thème scientifique majeur des programmes de sciences dans les écoles secondaires, cet atelier vise à éveiller l'esprit critique des élèves sur ce sujet. Ce module contribuera à faire comprendre aux élèves combien la culture scientifique est aujourd'hui indispensable pour percevoir l'évolution des sociétés - comme celle de l'environnement - et la maîtriser et leur permettra de développer leur esprit critique et leur capacité à argumenter.

3 parties différentes composent l'atelier

- Le début de l'enquête
- Les suspects
- La conclusion

L'enseignant utilisera la présentation afin de mener l'enquête.

### Instructions pour les enseignants - comment mener une enquête sur le changement climatique ?

L'atelier prend la forme d'une enquête dans laquelle les élèves sont mis en position d'enquêteurs. Ils doivent utiliser leur esprit critique pour analyser une série de supports et de documents provenant de sources très différentes : sondages d'opinion, résultats d'observations (réalisées par des scientifiques successifs sur plusieurs générations ou à l'aide des outils les plus récents), graphiques. L'atelier est conçu pour être réalisé par un professeur de sciences du secondaire dans le cadre d'un atelier en face à face avec les élèves. L'enseignant joue le rôle d'un expert scientifique tandis que les élèves sont les enquêteurs.

**Les parties encadrées en gris dans le document sont des spécifications pour l'enseignant.**

#### Partie 1 : Commencer l'enquête

##### Diapositive 2

Partie 1 : Commencer l'enquête

##### Objectif pédagogique

Découvrir l'importance des mesures de référence pour interpréter une mesure ou une observation.

### Diapositive 3

L'enquête commence par l'observation de la fonte progressive de la glace de mer (banquise) au pôle Nord.

Commentaire : "Observons la fonte progressive de la glace de mer (banquise) au pôle Nord. Voici une vidéo de la NASA montrant l'évolution de la surface de la glace de mer au cours des 40 dernières années."

Question : "Cette fonte concerne également les glaciers. Nous avons beaucoup de craintes concernant la fonte des glaciers. Et parmi nos craintes, il y a la crainte de perdre une partie de nos archives... à quelles archives pensez-vous que l'on fait référence ?"

Réponse : "Les archives climatiques".

### Diapositive 4

Commentaire : "On sait que les cycles de variabilité naturelle jouent un rôle dans l'étendue de la glace de mer arctique, mais la forte diminution ne peut pas être expliquée par la seule variabilité naturelle. La variabilité naturelle et la hausse des températures mondiales ont contribué à la fonte de plus grandes quantités de glace de mer arctique. Certains spécialistes prévoient un Arctique sans glace pendant au moins une partie de l'année d'ici la fin du 21e siècle."

### Diapositive 5

Commentaire : "Voici la photo du projet Subglaciator, entrepris par les glaciologues du Laboratoire de glaciologie et de géophysique de l'environnement (LGGE) et de l'Observatoire des sciences de l'univers de Grenoble (OSUG), dont l'ambition est de remonter le temps jusqu'à 1,5 million d'années !"

### Diapositive 6

Figure : Variations de température et de concentration enregistrées dans la carotte de glace de Vostok en Antarctique.

Question : "Que remarquez-vous ?"

Réponse : "Les températures ont varié au cours du temps, notamment en raison du cycle naturel de Milankovitch. Il existe des périodes dites glaciaires et interglaciaires. Nous sommes actuellement dans une période interglaciaire."

Les **cycles de Milankovitch** décrivent les effets collectifs des changements des mouvements de la Terre sur son climat pendant des milliers d'années. ... Aujourd'hui, les matériaux de la Terre qui sont restés inchangés pendant des millénaires (obtenus par des carottes de glace, de roche et d'océan profond) sont étudiés pour indiquer l'histoire du climat de la Terre.

#### Explication de la figure

Les variations glaciaires-interglaciaires sont caractérisées par de grandes variations de la température, de l'étendue de la calotte glaciaire et du niveau de la mer, qui peuvent être observées dans divers enregistrements paléo climatiques ([Masson-Delmotte et Chapellaz, 2002, Masson-Delmotte et al., 2015]). Il y a 21 000 ans, la Terre a connu le dernier maximum glaciaire. La température globale était 5°C plus froide, une calotte polaire recouvrait toute l'Europe du Nord et le niveau de la mer était 130 m plus bas. Depuis 10 000 ans, nous sommes dans une période interglaciaire. Il y a une période interglaciaire tous les 100 000 ans.

### Diapositive 7

Concentrez-vous sur les températures de ces dernières années.

Commentaire : " Regardons de plus près la tendance de ces dernières années : Il y a un écart positif croissant par rapport à la moyenne. Cela se traduit par une augmentation soudaine de la température."

### Diapositive 8

Concentrez-vous sur les températures des dernières années

Commentaire : "Les archives glaciaires sont donc des témoins essentiels du fait qu'il y a actuellement un réchauffement rapide ! De plus, la composition de chaque bulle d'air nous renseigne sur les compositions atmosphériques passées : c'est essentiel pour comprendre les mécanismes du climat actuel. Il faut donc les préserver et trouver les causes de ce réchauffement soudain. C'est l'objet de notre enquête et j'ai besoin de votre aide pour avancer rapidement sur ce dossier. C'est urgent !"

## Partie 2 : Les suspects

### Diapositive 9

#### Partie 2 : Les suspects

- Objectif de la pensée critique : Distinguer entre connaissance, croyance et opinion
- Objectif pédagogique : Recueillir les conceptions initiales des élèves.

### Diapositive 10

Question : "A votre avis, quelle est la cause du réchauffement climatique ?"

Réponse : "La pollution causée par l'homme..."

### Diapositive 11

Question : "Est-ce la seule cause ?"

### Diapositive 12

Figure des résultats d'un sondage réalisé auprès d'un échantillon de 798 Français.

### Diapositive 13

Question : Concernant les résultats de l'enquête " Que pensez-vous de ces résultats ?

Si je vous pose à nouveau la question Qui pense que le réchauffement climatique est dû aux activités humaines ?

Qui pense que c'est seulement un phénomène naturel qui a toujours existé ?

Qui pense que c'est les deux ?

Qui ne sait pas ?

A quoi pensez-vous quand on parle d'activités humaines et quand on parle de facteurs naturels ?"

### Diapositive 14

Une partie de la réponse : "Dans cette affaire de réchauffement climatique très médiatisée, il est en effet parfois difficile de distinguer le vrai du faux, de faire le tri dans les informations.... De plus, mes collègues ont collecté un grand nombre de données sur plusieurs suspects, et c'est à nous de les classer puis de les analyser afin d'évaluer, si possible, l'implication potentielle de ces facteurs dans le réchauffement climatique."

### Diapositive 15

Suspect numéro un : le soleil

Objectif pédagogique

Prendre conscience que le soleil est responsable de 99,99% de l'énergie qui atteint la Terre.

Objectif de l'esprit critique

- Parler d'un suspect souvent mentionné par les climatologues. Que savons-nous, comment le savons-nous ? Parler des outils d'observation.
- Objectif de réflexion critique sur la nature de la connaissance scientifique et l'importance de la communauté scientifique : l'observation de l'activité solaire est l'une des séries d'observations les plus célèbres de la science.
- La connaissance scientifique est basée sur les recherches collectives des scientifiques passés ou présents.

### Diapositive 16

Fiche de suspect conçue à la manière d'une enquête

### Diapositive 17

Question : "Le Soleil fournit à lui seul 99,99 % de l'énergie qui pénètre dans notre environnement sur Terre. Cette énergie abondante nous parvient principalement sous forme de rayonnements, dont la lumière visible, les infrarouges et les ultraviolets. "Qui pense que le soleil peut être responsable du réchauffement climatique actuel ? Pourquoi ou pourquoi pas ? Pensez-vous que le réchauffement climatique est un phénomène naturel ou d'origine humaine ?"

### Diapositive 18

Commentaire : "Le flux d'énergie solaire reçu à la surface de la Terre et l'insolation varie essentiellement en raison du mouvement de rotation de notre planète autour de son axe de rotation, qui est à l'origine de l'alternance du jour et de la nuit. Il varie également en fonction du mouvement de révolution sur son orbite autour du Soleil, ce qui est à l'origine de l'alternance des saisons."

### Diapositive 19

Commentaire : "Les cycles sont perceptibles dans les archives climatiques des carottes de glace. Le flux d'énergie rayonné par le Soleil, l'irradiance (exprimée en W/m<sup>2</sup>), a longtemps été considéré comme constant, d'où son nom de "constante solaire". Il a fallu attendre les mesures extrêmement précises obtenues par les satellites depuis les années 1960 pour montrer que cette "constante" est en fait variable, mais très faiblement à l'échelle humaine."

### Diapositive 20

Question : "Le soleil est observé et étudié depuis très longtemps, mais de façon systématique depuis le début du XVIe siècle, grâce notamment à la diffusion de la lunette astronomique. Voici ce que l'on peut observer... Quelle différence voyez-vous entre ces deux images ? Quelle hypothèse pourrait-on faire ?"

### Diapositive 21

Commentaire : "Le principal indicateur de l'activité du Soleil sont les taches solaires, des taches sombres épisodiques à la surface de l'étoile. Depuis le 16e siècle, ces taches sont comptées en continu. Il s'agit de la plus célèbre série chronologique. Aujourd'hui, des satellites spécialisés comme Ulysse, Soho (étude de la couronne solaire avec une éclipse artificielle), Cluster et récemment Solar orbiter étudient le soleil de plus près."

### Diapositive 22

Commentaire : Le cycle solaire est un cycle d'environ 11 ans vécu par le Soleil. Au cours du cycle solaire, le comportement orageux du Soleil atteint un maximum, et son champ magnétique s'inverse. Ensuite, le Soleil se stabilise à un minimum avant qu'un autre cycle ne commence. "Quels sont les résultats de vos observations ?"

Question : Voici les résultats de tous les comptages effectués dans différentes parties du monde depuis le XVIe siècle. On peut mesurer et compter. Il y a forcément des informations à récupérer. Réponse : "Quels sont les résultats de vos observations ?"

Réponse "Tous les comptages effectués dans différentes parties du monde ont progressivement révélé l'existence d'un cycle solaire de 11 à 13 ans ainsi que d'autres variations à l'échelle des siècles (séculaires) et des millénaires."

#### **Explication. Le cycle solaire :**

Les taches solaires augmentent et diminuent selon un cycle moyen de 11 ans. Depuis 1749, nous avons connu 23 cycles solaires complets au cours desquels le nombre de taches solaires est passé d'un minimum à un maximum, puis au minimum suivant, selon des cycles d'environ 11 ans.

### Diapositive 23

Commentaire : "Et où en sommes-nous aujourd'hui ? -Bien que nous ne sachions pas exactement quand le cycle minimum actuel se terminera, nous disposons de près de trois siècles d'études pour le prédire. Le 9 décembre 2019, le Space Weather Prediction Center (SWPC) a annoncé qu'il se produirait en avril 2020, à six mois près. Nous sommes donc au tout début du 25ème cycle dans une période séculaire avec une activité plutôt faible. Il faut maintenant savoir si cette activité a un impact sur le rayonnement solaire."

Question : "Voici un deuxième graphique. Qu'est-ce que l'on peut en tirer ?"

#### **Explication de la figure**

Les carrés rouges sur le graphique représentent les longueurs de cycle des taches solaires. Un point représente la longueur du cycle entre le moment du nombre maximum de taches solaires et le moment du nombre maximum de taches solaires du cycle suivant, et le point suivant représente la

longueur du cycle entre le moment du nombre minimum de taches solaires et le moment du nombre minimum de taches solaires du cycle suivant. Les cycles de taches solaires sont rétrofiltrés en utilisant la pondération 1,2,3,4 appliquée à chaque point du cycle, à la fois de min à min et de max à max. Cela suppose que le cycle actuel a le plus d'effet sur la température (poids 4), et que les demi-cycles précédents affectent les températures actuelles de manière décroissante, mais que les cycles futurs n'ont aucun effet sur la température actuelle. La courbe de température en bleu utilise les données HadCRUT3 sur les terres et les mers jusqu'en 1978, les données satellitaires MSU de 1984 à 2006, et la moyenne des ensembles de données de 1979 à 1983. Cela permet d'éliminer une grande partie des effets des îlots de chaleur urbaine. Les températures sont annuelles non filtrées. Les concentrations de CO<sub>2</sub> (ppmv) de 1958 à 2007 proviennent d'échantillons d'air recueillis à l'observatoire de Mauna Loa, à Hawaï. Les concentrations de CO<sub>2</sub> avant 1958 sont incertaines. Notez qu'il existe une correspondance entre la longueur du cycle des taches solaires et la température. Les courbes de la température et de la longueur du cycle commencent toutes deux à augmenter en 1910, et les températures chutent après 1945 jusqu'en 1975, lorsque la courbe de la longueur du cycle chute, et les deux courbes remontent après 1975. Depuis 1980, les températures augmentent plus rapidement que ce que peut expliquer la longueur du cycle des taches solaires, ce qui indique une possible contribution humaine au CO<sub>2</sub>. L'augmentation récente de la longueur des cycles explique pourquoi il n'y a pas eu de réchauffement depuis 2002. On s'attend à ce que les changements de température suivent les changements d'activité solaire en raison d'un décalage temporel résultant de la grande capacité thermique des océans.

#### Diapositive 24

Réponse : "Il existe une corrélation entre le nombre de taches solaires et l'irradiance solaire. Mais la variation de l'irradiance reste très faible. Aujourd'hui, nous sommes au tout début d'un nouveau cycle "décennal" et dans une période de faible activité globale (cycle séculaire). Par conséquent, nous sommes dans une période de faible irradiance. Cependant, la température augmente indépendamment de cette activité."

#### Définition. Cycle minimum

Le minimum solaire est la période de moindre activité solaire dans le cycle solaire de 11 ans du Soleil. Pendant cette période, l'activité des taches solaires et des éruptions solaires diminue, et souvent ne se produit pas pendant plusieurs jours. La date du minimum est décrite par une moyenne lissée sur 12 mois d'activité des taches solaires, de sorte que l'identification de la date du minimum solaire ne peut généralement se faire que 6 mois après que le minimum a eu lieu. Le minimum solaire s'oppose au maximum solaire, lorsque des centaines de taches solaires peuvent se produire.

#### Diapositive 25

Question : "Quelle est la place du soleil : suspect ou phénomène naturel ?"

Réponse : une cause de phénomène naturel.

#### Diapositive 26

Commentaire : "Cependant, les scientifiques considèrent que cette activité peut avoir un impact sur les températures régionales. La caractéristique la plus frappante de l'évolution de l'activité solaire au cours des derniers siècles est l'absence de taches solaires pendant une grande partie du XVIIe

siècle (le minimum de Maunder : MM). C'était au début du petit âge glaciaire (il n'y avait qu'une cinquantaine de taches solaires (au lieu des 40-50 000 habituelles)) et il y a un consensus général\* pour dire que le refroidissement correspondant est dû à ce phénomène."

**Définition. Définition du minimum de Maunder**

Également connu sous le nom de "minimum prolongé de taches solaires", c'est le nom utilisé pour la période comprise entre 1645 et 1715 durant laquelle les taches solaires sont devenues excessivement rares, comme l'ont alors constaté les observateurs solaires. Le terme a été introduit après que John A. Eddy a publié un article marquant en 1976 dans Science. Avant Eddy, les astronomes avaient également nommé cette période d'après les astronomes solaires Edward Walter Maunder (1851-1928) et sa femme Annie Russell Maunder (1868-1947), qui ont étudié comment les latitudes des taches solaires changeaient avec le temps [La période examinée par les Maunder comprenait la seconde moitié du 17<sup>e</sup> siècle.

**Définition. Définition du petit âge glaciaire**

Le petit âge glaciaire (PAL) est une période de refroidissement régional qui s'est produite après la période de réchauffement médiéval. Il ne s'agissait pas d'un véritable âge glaciaire de portée mondiale. Le terme a été introduit dans la littérature scientifique par François E. Matthes en 1939. La période a été conventionnellement définie comme s'étendant du 16<sup>e</sup> au 19<sup>e</sup> siècle, mais certains experts préfèrent une période alternative allant d'environ 1300 à environ 1850.

L'observatoire de la Terre de la NASA note trois intervalles particulièrement froids : l'un commençant vers 1650, un autre vers 1770 et le dernier en 1850, tous séparés par des intervalles de léger réchauffement. Le troisième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat a estimé que la chronologie et les zones touchées par le petit âge glaciaire suggéraient des changements climatiques régionaux largement indépendants plutôt qu'une augmentation de la glaciation synchronisée à l'échelle mondiale. Tout au plus a-t-on observé un modeste refroidissement de l'hémisphère nord au cours de cette période.

**Diapositive 27****Suspect numéro deux : l'effet de serre**

Pour rappel : Objectif pédagogique : Découvrir l'histoire des sciences et la manière dont les scientifiques ont progressivement travaillé ensemble.

Objectif de l'esprit critique : Être mieux armé pour réfuter un argument central des climato-sceptiques, à savoir que l'atmosphère absorbe déjà tous les rayonnements infrarouges et donc que plus ou moins de CO<sub>2</sub> ne fait aucune différence.

**Diapositive 28**

Commentaire : "L'effet de serre, un réchauffement de la surface de la Terre et de la troposphère (la couche la plus basse de l'atmosphère) causé par la présence de vapeur d'eau, de dioxyde de carbone, de méthane et de certains autres gaz dans l'air."

**Diapositive 29**

Commentaire : "Les deux tiers de l'énergie du soleil sont absorbés par l'atmosphère, le sol et l'océan. Le tiers restant est directement réfléchi vers l'espace par les nuages, les aérosols, l'atmosphère et la surface de la terre.... C'est dans l'atmosphère que se produit l'effet de serre, souvent cité lorsqu'on parle de réchauffement climatique."

### Diapositive 30

Question : "Pensez-vous que l'effet de serre puisse être suspecté ?"

Réponse : "Oui."

### Diapositive 31

Question : "Si oui, pensez-vous que l'effet de serre est un phénomène récent ? Si non, quand pensez-vous que l'effet de serre a été découvert ?"

"Laissez-moi vous présenter 3 expériences scientifiques."

### Diapositive 32

Première expérience de Joseph Fourier : "Au début du XIXe siècle, les scientifiques soupçonnaient que l'atmosphère terrestre avait la capacité de maintenir la planète chaude en transmettant la lumière visible mais en absorbant la lumière infrarouge (ou la chaleur), et que l'activité humaine pouvait modifier la température de l'atmosphère. L'un de ces scientifiques était Joseph Fourier qui, dans son article de 1827, mentionnait que "le progrès des sociétés humaines" pouvait - au cours de plusieurs siècles - modifier le "degré moyen de chaleur". Se basant sur l'héliomètre inventé par Saussure quelques années plus tôt, Fourier donne la première description de ce que nous appelons aujourd'hui l'effet de serre : "la température est augmentée par l'interposition de l'atmosphère, parce que la chaleur trouve moins d'obstacle à pénétrer dans l'air, étant à l'état de lumière, qu'elle n'en trouve à repasser dans l'air quand elle est convertie en chaleur obscure. "

### Diapositive 33

Deuxième expérience réalisée par Eunice Foote au milieu du 19e siècle. E. Foote est l'une des premières femmes scientifiques américaines.

Commentaire : "Les expériences de Tyndall ont été inspirées par les expériences faites par Pouillet et il ne connaissait pas les expériences de Foote."

### Diapositive 34

Commentaire : "En 1856, Foote a mené une série d'expériences qui ont démontré les interactions des rayons du soleil sur différents gaz. Elle utilisa une pompe à air, quatre thermomètres à mercure et deux cylindres de verre. Elle a d'abord placé deux thermomètres dans chaque cylindre, puis, à l'aide de la pompe à air, elle a évacué l'air d'un cylindre et l'a comprimé dans l'autre. Après avoir laissé les deux cylindres atteindre la même température, elle les a placés à la lumière du soleil pour mesurer la variation de température une fois chauffés et dans différentes conditions d'humidité. Elle a réalisé cette expérience avec du CO<sub>2</sub>, de l'air ordinaire et de l'hydrogène."

### Diapositive 35

Commentaire : Parmi les gaz qu'elle a testés, Foote a conclu que le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) emprisonnait le plus de chaleur, atteignant une température de 52 °C (125 °F). À partir de cette expérience, elle a déclaré : "Le récepteur contenant ce gaz s'est lui-même beaucoup réchauffé - de manière très sensible plus que l'autre - et lorsqu'il a été retiré [du Soleil], il a mis plusieurs fois plus de temps à se refroidir." En se penchant sur l'histoire de la Terre, Foote a émis l'hypothèse suivante : "Une atmosphère de ce gaz donnerait à notre terre une température élevée ; et si, comme certains le supposent, à une certaine période de son histoire, l'air s'y était mélangé dans une plus grande proportion qu'à l'heure actuelle, une augmentation de la température par sa propre action, ainsi que par l'augmentation du poids, devait nécessairement en résulter."

### Diapositive 36

Third de John Tyndall "En 1859, les rêveries théoriques de Fourier se sont transformées en expériences, lorsque John Tyndall, un physicien irlandais, a publié son étude sur l'absorption de l'infrarouge dans différents gaz. Il s'agissait de la première expérience montrant comment l'absorption de la chaleur par l'atmosphère pouvait entraîner une augmentation de la température, et que certains gaz comme la vapeur d'eau, le méthane et le CO<sub>2</sub> absorbaient plus de chaleur que d'autres."

### Diapositive 37

Image de l'installation de John Tyndall pour mesurer l'absorption de la chaleur rayonnante par les gaz.

### Diapositive 38

Tableau des caractéristiques des 3 planètes telluriques les plus proches du soleil

Commentaire : Suite à ces expériences, voici les caractéristiques des 3 planètes telluriques les plus proches du soleil - la gamme des températures de surface montre l'importance de la présence de l'atmosphère et de sa composition.

### Diapositive 39

Question : "Pour conclure, pensez-vous que l'effet de serre est responsable du réchauffement climatique actuel ?"

### Diapositive 40

Réponse : "En effet, l'effet de serre est un "effet" et ne peut donc, par définition, être responsable. Nous ne pouvons donc pas le classer dans la catégorie des suspects. Nous devons maintenant étudier les suspects à l'origine de l'augmentation de l'effet de serre."

## Partie 3 : Conclusions

### Diapositive 41

Commentaire : "Il semblerait que chacun de ces 2 suspects ait sa part de responsabilité, mais que l'homme soit responsable de niveaux sans précédent d'émissions de gaz à effet de serre..."

### Diapositive 42

Commentaire : "De plus, le CCXG (Groupe d'experts sur le changement climatique) a travaillé sur cette question : le dioxyde de carbone représente de loin la plus grande part du forçage radiatif depuis 1990, et sa contribution continue de croître à un rythme régulier. À lui seul, le dioxyde de carbone serait responsable d'une augmentation de 36 % du forçage radiatif depuis 1990. Voici ci-dessous les résultats qu'ils ont obtenus."

### Diapositive 43

Tableau du forçage radiatif moyen global du système climatique pour l'année 2000 par rapport à 1750.

#### Explication du tableau :

"De nombreux facteurs externes forcent le changement climatique. Ce forçage radiatif résulte de changements dans la composition de l'atmosphère, de la modification de la réflectance de la surface par l'utilisation des terres et de la variation de la puissance du soleil. À l'exception de la variation solaire, une certaine forme d'activité humaine est liée à chacun de ces facteurs. Les barres rectangulaires représentent les estimations des contributions de ce forçage, dont certaines entraînent un réchauffement et d'autres un refroidissement. Le forçage dû à des événements volcaniques épisodiques, qui entraînent un forçage négatif ne durant que quelques années, n'est

pas représenté. L'effet indirect des aérosols présenté est leur effet sur la taille et le nombre de gouttelettes des nuages. Un deuxième effet indirect des aérosols sur les nuages, à savoir leur effet sur la durée de vie des nuages, qui entraînerait également un forçage négatif, n'est pas représenté. Les effets de l'aviation sur les gaz à effet de serre sont inclus dans les barres individuelles.

La ligne verticale autour des barres rectangulaires indique une fourchette d'estimations, guidée par l'écart entre les valeurs publiées du forçage et la compréhension physique. Certains forçages présentent un degré de certitude beaucoup plus élevé que d'autres. Une ligne verticale sans barre rectangulaire indique un forçage pour lequel aucune meilleure estimation ne peut être donnée en raison de grandes incertitudes. Le niveau global de compréhension scientifique de chaque forçage varie considérablement, comme indiqué.

Certains des agents de forçage radiatif sont bien mélangés sur le globe, comme le CO<sub>2</sub>, perturbant ainsi le bilan thermique global. D'autres, comme les aérosols, représentent des perturbations dont la signature régionale est plus forte en raison de leur répartition spatiale. Pour cette raison, entre autres, on ne peut s'attendre à ce qu'une simple somme des barres positives et négatives donne l'effet net sur le système climatique."

#### Diapositive 44

Commentaire : "Excellent travail ! Vos résultats sont conformes à ceux des scientifiques !"